

University of Groningen

## Surface engineering with lasers

de Mol van Otterloo, Jan Lodewijk

**IMPORTANT NOTE:** You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

1996

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

de Mol van Otterloo, J. L. (1996). *Surface engineering with lasers*. s.n.

### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

## SAMENVATTING

In de geavanceerde materiaalkunde kunnen verschillende materialen gecombineerd worden in één produkt. Een op en neer bewegend onderdeel zal over het algemeen licht moeten zijn. Toch zal het onderdeel op een aantal plekken in contact staan met andere bewegende onderdelen. Het zijn juist die plekken die zullen slijten. In dit verband kan men bijvoorbeeld denken aan: zuigers, klepafdichtingen, pompassen en zagen. Door het lichte onderdeel te voorzien van een slijtvaste oppervlaktelaag kan het onderdeel een langere levensduur krijgen, terwijl er geen concessie hoeft te worden gedaan aan het specifieke gewicht.

In dit proefschrift zijn de mogelijkheden van een hoog vermogen laser voor het modificeren van het oppervlak onderzocht. Het onderzoek heeft zich gekenmerkt door het streven naar zowel de beheersing van het proces als naar nieuwe concepten vanuit de microstructuur, waarmee verklaringen en voorspelingen met betrekking tot de eigenschappen mogelijk worden. Dit proefschrift concentreert zich op twee gevallen: het lasersmelten van aluminium koper legeringen en het laserbekleden van roestvaststalen substraten met op kobalt gebaseerde superlegeringen.

### *Lasersmelten*

Dit onderdeel heeft zich gericht op aluminium koper legeringen, waarin het percentage koper varieert tussen de 0 en 40 gewichtprocent. De oppervlakken van deze legeringen zijn behandeld met laser aftast snelheden tussen de 0.125 en 12.5 cm/s.

De hardheid van de aluminium koper legeringen neemt toe met stijgend koper concentratie. De hardheidswaarden, liggen vier keer boven de waarden die worden aangetroffen in het commercieel verkrijgbare Dural. Deze toegenomen hardheid kan worden toegeschreven aan de intermetallische  $Al_2Cu$  fase. Deze fase komt in de bulk voor op een eutectische manier. De stijgende hardheid ten gevolge van een behandeling met toenemende laser aftastsnelheid kan worden

verklaard door het sneller afkoelen van het door de laser gevormde smeltbad. Deze snelle afkoeling vermindert de mobiliteit van dislocaties als gevolg van een verfijning van de structuur. Bovendien veroorzaakt zij een transitie van een cellulaire naar een lamellaire microstructuur. Beide effecten worden belangrijker wanneer de koper concentratie stijgt.

### *Laserbekleden*

Stelliet is een op kobalt gebaseerde legering, die in de industrie veel wordt gebruikt in slijtage-gerelateerde toepassingen, omdat het een hoge sterkte en corrosie weerstand heeft. Bovendien behoudt het zijn hardheid bij hogere temperaturen (tot  $\sim 800$  °C). In commercieel verkrijgbare vorm, ontleent dit materiaal zijn hardheid aan de grote volume fractie aan metaal carbiden. Stelliet is een typisch voorbeeld van een composiet materiaal.

In dit onderzoek zijn met behulp van een laser Stelliet deklagen aangebracht op een roestvast stalen substraat. Het unieke hieraan is dat relatief dunne lagen (0.5 mm) zijn aangebracht zonder dat er een substantiële vermenging optreedt met het substraat. Bovendien zijn de deklagen vrij van poriën. Dit in tegenstelling tot andere coating-technieken, zoals bijvoorbeeld plasma-sputten. Hierdoor zal het Stelliet zijn gunstige slijtage eigenschappen behouden.

Terwijl volume fractie aan carbiden en morfologie betekenisvolle factoren zijn voor de weerstand van het materiaal tegen abrasieve slijtage, vormt de compositie van de matrix een doorslaggevende rol bij glijdende slijtage. In de microstructurele analyse van de deklagen zijn de volgende factoren van doorslaggevend belang gebleken voor de goede mechanische eigenschappen: de vaste oplossing van wolfram en chroom in de kobalt matrix, de dislocatie-dislocatie interacties en tenslotte zowel de metaal carbiden als de  $\text{Co}_3\text{W}$  deeltjes.

De mechanische eigenschappen van vijf verschillende Stelliet deklagen zijn onderzocht op hun weerstand tegen abrasieve en glijdende slijtage. Hoewel de hardheid van de Stelliet zes maal hoger is dan die van roestvast staal, is de abrasieve slijtage weerstand minder goed (65%). De uiterst harde en puntige abrasieve deeltjes leiden tot een bros breuk gedrag van de eveneens harde deklagen. Het zachtere roestvast stalen oppervlak vervormt echter plastisch en is daardoor beter bestand tegen dit type slijtage. De glijdende slijtage weerstand van de Stelliet deklagen is daarentegen drie orden van grootte beter dan roestvast staal ook op hogere temperaturen (600 °C). In deze proeven is het van essentieel belang dat er zich op het oppervlak een oxydische bescherm laag vormt, die ook een goede verbinding heeft met het onderliggende substraat materiaal.

## DANKWOORD

Nu het einde is genaderd van een zeer plezierige promotieperiode is dit de plaats diegenen te bedanken die daar een onmisbare bijdrage aan hebben geleverd.

Jeff De Hosson, mijn promotor, heeft mij van het begin tot het einde van het onderzoek gemotiveerd. Zijn bijdragen in raad, maar met name ook in daad zijn onlosmakelijk met dit proefschrift verbonden. Hij is mijn leermeester in het vak en heeft mij de weg gewezen in het verklaren van de experimentele resultaten, meestal tot in de late avonduren. Onze tijd samen in Sesimbra Portugal was voor mij één van de bewijzen dat wij elkaar ook naast het onderzoek begrepen.

Het ‘wij’ gevoel binnen de groep materiaalkunde is een gevoel dat ik elke promovendus kan toewensen. Van Geert Boom leerde ik de nauwkeurigheid die nodig is voor electronen microscopie, met Henk Bron was er immer tiet voor een pafke, Paul Bronsveld straalde een onverwoestbaar optimisme uit, Irene De Hosson schiep de perfecte omgeving voor wetenschappers, Jan Harkema liet mij inzien dat de wereld gewoon rond bleef draaien door onder andere iedere week tien kilometer met mij te rennen. Bart Kooi was de veelweter, James Kuipers praatte gepassioneerd over motoren, Uko Nieborg stond altijd klaar, Klaas Post voerde vele laserexperimenten uit, Oomke Schutter had een enorm enthousiasme voor nieuwe praktische toepassingen. Marc Verwerft gaf een gedetailleerde rondleiding langs de Belgische biertjes, Peter Henk Amesz verblijdde met creatieve invallen, Jan Jaap Aué was fotogeniaal, Robert Beye excentriek lang Amerikaans, Menno van den Burg de doordouwer, Benno van Brussel bleef de rust zelve, Jim-Wah Chung deed ook mij lekker eten. Durandus Dijken was vanaf 24 september 1986 mijn persoonlijke studie-adviseur, Bas Groen de computerwizard, Jacob Kerssemakers een groots experimentator en tekenaar, Arjen Kloosterman laser nitreerde titaan, Ferry van Looyengoed verzorgde verschillende wedstrijd poules. Joke Noordhuis was mijn padbereider, Jonathan Robinson leerde mij de juiste intonatie van ‘Excuse me, but ...’, Arjen Roos vertegenwoordigde het liberalisme, Erik Teeuw was de stoeier, Tiedo Tinga de topsporter. Willem-Pier Vellinga stelde menigmaal de juiste vraag, Yanguo

Wang boorde een schier onuitputtelijke bron van oriëntatierelaties aan. Liwen Zang stond meestal vóór mij in de print-que en Xiao Bo Zhou was de ontdekker van de werking van menig apparaat. Zij allen zijn mensen die het ‘wij’ gevoel ontwikkelden en koesterden. Ook zij hebben mijn promotietijd tot een onvergetelijke gemaakt.

Op Het Lab lopen vele bijzondere en behulpzame mensen rond. Zonder hen tekort te doen bedank ik met name Tieni Zwik voor de extra gezelligheid die zij meebracht als ze mijn kamer kwam opruimen, Ria Helmus, Els Nijssen en Janette Bovenhuis voor de bijzondere aandacht die zij besteden aan mijn inwendige, en Lies Jacob en Theo Jurriëns voor hun immer positieve instelling.

Door de jaren heen heb ik veel te danken aan de studenten Robin Advokaat, Davide Bagnoli, Kees Brouwer, Konstantinos Chatzigiannakis, Bjorn Cordia, Tiemen Fiat, Martijn Kabel, Jan Dirk Kamminga, Erik Meis, Nabil Nasser, Peter Politiek, Paul Pos en Arjen Roos die mij enorm hebben geholpen de vaart erin te houden. Een aantal van hun experimentele resultaten zijn verwerkt in dit proefschrift.

Dr. B.M. Boerstool en Dr. A.J. Huis In ‘t Veld van TNO Industrie hebben ervoor gezorgd dat het verband naar de slijtage eigenschappen gelegd kon worden.

De hoogleraren Katgerman, Boerma en Van Veen ben ik dankbaar voor het doornemen van het concept-proefschrift.

Verder bedank ik de Voûte Vereniging voor haar concrete steun.

Tot slot: de laatste vier jaar in Groningen waren niet zulke gelukkige geweest zonder Kiene Brillenburg Wurth. Jouw bijdrage aan dit proefschrift is van een ander patois dan de linguïstieke hulp die jij mij gaf.